

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**до виконання лабораторних робіт
із навчальної дисципліни**

«СТАНДАРТИЗАЦІЯ В БУДІВЕЛЬНОМУ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ»

*(для студентів денної форми навчання спеціальності
192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019**

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Стандартизація в будівельному матеріалознавстві» (для студентів бакалаврів денної форми навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. О. В. Афанасьєв. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 54 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. О. В. Афанасьєв

Рецензент

Н. Г. Морковська, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів, протокол № 5 від 16 листопада 2018 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота № 1 Дослідження фізико-механічних властивостей керамічної плитки.....	5
Лабораторна робота № 2 Визначення водопоглинання, відкритої пористості, відносної та об'ємної густини керамічної плитки.....	14
Лабораторна робота № 3 Випробування керамічної плитки на міцність при згині.....	20
Лабораторна робота № 4 Визначення границі текучості та границі розкочування глини.....	24
Лабораторна робота № 5 Визначення вологості, кількості сухої речовини та текучості глинистої суспензії та шлікеру.....	27
Лабораторна робота № 6 Визначення стійкості до утворення плям.....	31
Лабораторна робота № 7 Визначення морозостійкості керамічної плитки.....	35
Лабораторна робота № 8 Визначення термічної стійкості, розширення під дією вологи та стійкості до розтріскування керамічної плитки.....	37
Лабораторна робота № 9 Випробування мінеральної сировини для виготовлення керамічної плитки на рентгенофлуоресцентном спектрометрі.....	41
Лабораторна робота № 10 Визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення керамічної плитки.....	45
Список використаної літератури.....	49
Додаток А Фазовий склад глини Веролубівського родовища, фритти та глазури (еталонні значення).....	50
Додаток Б Таблиця для визначення вологості і вмісту твердої речовини глинистої суспензії з питомою вагою матеріалу 2.6.....	51

ВСТУП

Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт складені відповідно програми дисципліни «Стандартизація в будівельному матеріалознавстві».

Лабораторні роботи розроблені відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283:2011 Плитки керамічні. Методи випробувань та ДСТУ Б В.2.7-282:2011 Плитки керамічні. Технічні умови (EN 14411:2006, NEQ) та методик, що використовуються на ПрАТ «Харківський плитковий завод».

Методичні рекомендації призначені для студентів бакалаврів спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

Мета: Ознайомитися з основними фізичними властивостями керамічної плитки.

Загальні відомості

Якість керамічної плитки оцінюється за рядом показників таких як декоративність, геометричні розміри, стійкість до стирання, водопоглинання, морозостійкість, стійкість до утворення плям, границі міцності при згині та інших.

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283 керамічна плитка може мати наступні дефекти та пошкодження:

Відбитості – механічне пошкодження виробів (кутів, граней, ребер).

Відкол неглазурований – механічне пошкодження виробу, не покрите глазур'ю.

Відкол глазурований – механічне пошкодження виробу, покрите глазур'ю.

Посічка – нескрізна відкрита або закрита тріщина.

Тріщина закрита – тріщина, покрита глазур'ю.

Тріщина відкрита – тріщина, не покрита глазур'ю.

Цек – тонкі волосяні тріщини глазури, що утворюються внаслідок різниці коефіцієнта термічного розширення черепка та глазури.

Нерівність – поглиблення на поверхні керамічної плитки, глазури.

Хвилястість – хвилеподібна зміна товщини глазури.

Виплавки – заглиблення на поверхні виробу, що виникають внаслідок згорання або розплавлення стороннього тіла.

Накол – заглиблення у вигляді крапки на поверхні глазури.

Пляма – зона іншого забарвлення розміром більше 1 мм, що відрізняється від основного кольору.

Пузир – невелике порожнисте здуття глазури або керамічної маси.

Лисина – місце, не покрите глазур'ю.

Скипання глазури – дрібні сконцентровані пухирі на поверхні глазури, що не піддаються роздавлюванню

Мушка – крапка темного кольору (коричнева, чорна, зелена) розміром до 1 мм.

Прищ – невелике щільне здуття глазури і керамічної маси.

Зліпиш – порушення шару глазури внаслідок злипання плитки під час випалу.

Щербини (зазубні) – дрібні відколи на краях плитки.

Засмічення під глазур'ю – стороннє тіло, вкрите глазур'ю, яке виступає над поверхнею плитки.

Оскловане місце – стоншений шар глазури, під яким просвічується черепок.

Сухість глазури (просвіт глазури) – стоншений шар глазури, під яким не просвічується черепок.

Нерівномірність забарвлення глазури – забарвлення поверхні плитки з більшою або з меншою насиченістю кольору.

Основні характеристики керамічних плиток наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики керамічних плиток в залежності від сфери застосування відповідно до ДСТУ Б В.2.7-282

Найменування показника	Підлога		Стіна	
	всередині	зовні	всередині	зовні
1	2	3	4	5
Розміри та якість поверхні				
Довжина та ширина	•	•	•	•
Товщина	•	•	•	•
Прямолінійність граней	•	•	•	•
Прямокутність	•	•	•	•
Площиність (опуклість / угнутість, перекис)	•	•	•	•
Якість поверхні	•	•	•	•
Фізичні характеристики				
Водопоглинання	•	•	•	•
Руйнівне навантаження	•	•	•	•
Границя міцності при згині	•	•	•	•
Зносостійкість неглазурованих плиток	•	•		
Зносостійкість глазурованих плиток	•	•		
Стійкість до розтріскування глазури глазурованих плиток	•	•	•	•
Температурний коефіцієнт лінійного розширення	•	•	•	•
Термічна стійкість	•	•	•	•
Морозостійкість		•		•
Коефіцієнт тертя ковзання	•	•		

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Розширення під дією вологи	•	•	•	•
Незначні відхили кольору	•	•	•	•
Ударна міцність	•	•		
Хімічні характеристики				
Стійкість до утворення плям: глазурованих керамічних плиток неглазурованих керамічних плиток	• •	• •	• •	• •
Стійкість до кислот і лугів низької концентрації	•	•	•	•
Стійкість до кислот і лугів високої концентрації	•	•	•	•
Стійкість до побутових хімікатів і добавок для купання басейн)	•	•	•	•
Свинець і кадмій, який виділяється з поверхні глазурованих керамічних плиток	•	•	•	•

Прилади і обладнання

1. Ваги лабораторні з границею допустимої похибки $\pm 0,01$ г.
2. Штангенциркуль типу ШЦ-II, металева лінійка.
3. Косинець перевірочний 90° .
4. Круг стирання типу ЛКИ-3 або вимірювач абразивної стійкості Abrasimetro W3-B.

Оцінювання якості керамічної плитки за зовнішнім оглядом і обміром

Оцінювання якості керамічної плитки за зовнішнім оглядом і обміром виконується відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283. Експлуатаційні властивості керамічної плитки, її довговічність погіршуються з-за наявності дефектів форми, тріщин та відбитостей, відхилення від номінальних розмірів.

Якщо площа керамічної плитки менше ніж 4 см^2 , контроль геометричних розмірів, відхил від прямолінійності граней, прямокутності та прямолінійності не проводиться. При вимірюванні геометричних розмірів плитки, відхилену від прямолінійності граней і відхилену від прямокутності не враховують (за наявності) виступаючих крайок, крапель глазури та інших

нерівностей, які після зарівнювання швів укладених керамічних плиток будуть непомітними.

Порядок виконання роботи

Контроль зовнішнього вигляду

Для контролю зовнішнього вигляду (відтінку), рельєфу та малюнку плитки треба її розкласти на рівній поверхні поруч зі зразками-еталонами. Плитка що досліджується і зразки-еталони повинні бути розложені упереміш. Розглядання плитки проводиться на відстані 1 м. Плями, бульбашки, хвилястість глазури нечіткість малюнку на поверхні плитки не допускаються. Колір, рельєф повинні бути такими самими як і на еталоні. При рівномірному випалі плитки однотонні за кольором.

Заміряти величини дефектів штангенциркулем або лінійкою.

Контроль розмірів і правильності форми

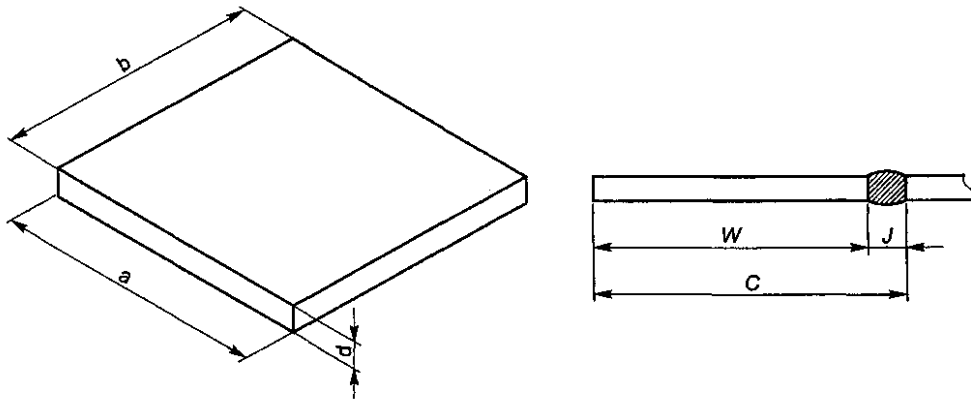
Для контролю розмірів і правильності форми треба відібрати 10 цілих керамічних плиток. Виміряти штангенциркулем або лінійкою довжину кожної грані керамічної плитки з точністю до 0,1 мм у місцях, віддалених на відстань 5 мм від її кутів.

Для вимірювання товщини керамічної плитки з рельєфною поверхнею треба по лицьовій поверхні перпендикулярно до поздовжньої осі провести чотири лінії на відстані 0,125; 0,375; 0,625 і 0,875 довжини. Товщину виміряти по кожній лінії в тому місці, де товщина має найбільше значення.

За показник товщини кожної окремої керамічної плитки прийняти середньоарифметичне значення результатів чотирьох вимірювань. Середня товщина зразків встановлюється на підставі середньоарифметичного значення результатів 40 вимірювань.

За середній показник довжини або ширини кожної окремої прямокутної керамічної плитки треба приймати середньоарифметичне значення результатів (по кожній парі паралельних граней) двох вимірювань. Середня довжина або ширина зразків встановлюється на підставі середньоарифметичного значення результатів 20 вимірювань.

Приклад позначень розмірів наведено на рисунку 1.1.

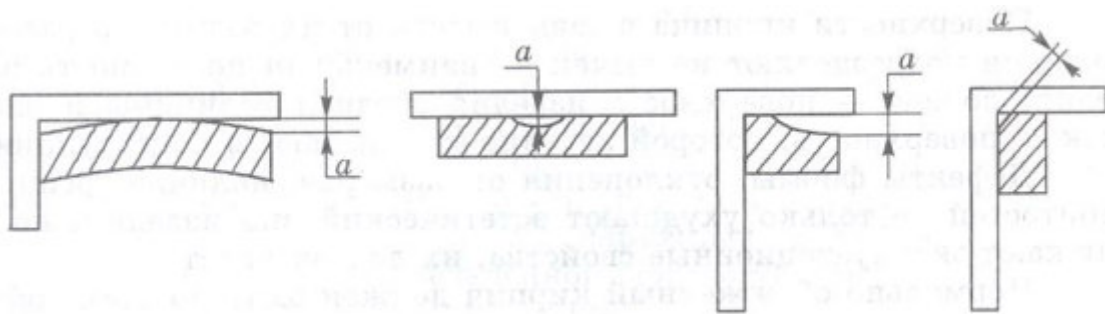


C – координаційний розмір; W – технологічний розмір; J – ширина шва; a, b – розміри лицьової поверхні; d – товщина; $C = W + J$.

Рисунок 1.1 – Керамічна плитка

Викривлення граней плитки заміряють прикладаючи ребро лінійки до кожної грані (рис. 1.2).

Відхил від прямолінійності граней визначають як відхил від прямої в площині керамічної плитки посередині її грані.



a – величина, що вимірюється, мм

Рисунок 1.2 – Визначення дефектів керамічної плитки

Вимірювання треба проводити тільки по прямих гранях плиток (рисунок 1.3), показник відхилення від прямолінійності граней A у відсотках обчислити за формулою:

$$A = \frac{C}{L} \cdot 100,$$

де C – відхил від прямолінійності в середині грані, мм;

L – довжина грані, мм.

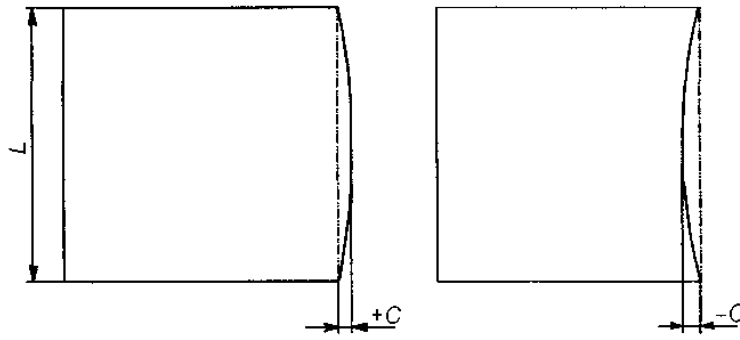


Рисунок 1.3 – Відхил від прямолінійності граней

Косокутність ребер плитки вимірюють щупом, прикладаючи косинець до всіх кутів плитки (рис. 1.2). Виміряти косокутність ребер плитки та обчислити відхил від прямокутності (рис. 1.4) у відсотках за формулою:

$$B = \frac{\delta}{L} \cdot 100,$$

де δ – відстань між зовнішнім кутом керамічної плитки (при вимірюванні на відстані 5 мм від кута) і внутрішньою стороною косинця;

L – довжина грані, мм.

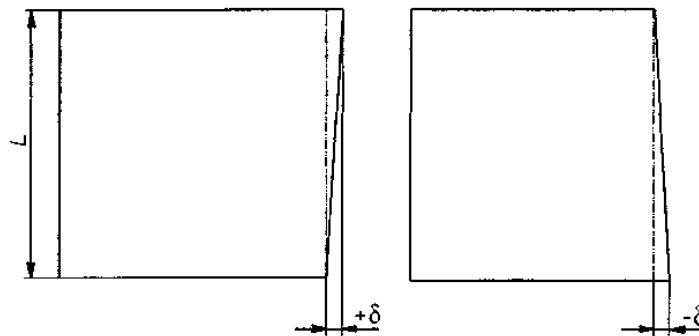


Рисунок 1.4 – Відхил від прямокутності

Кривизну лицьової поверхні плитки визначити прикладаючи до поверхні ребро металевої лінійки і вимірюючи зазор між лінійкою і поверхнею плитки (рис. 1.2).

Відхил від площинності поверхні визначити вимірюванням в трьох точках поверхні керамічної плитки. Для плиток з рельєфною поверхнею вимірювання дозволяється виконувати з боку монтажної поверхні.

Опуклість/угнутість по центру визначають, як відстань між центром керамічної плитки і площиною, в якій знаходяться три з чотирьох кутів (рис. 1.5).

$$H = \Delta C/D$$

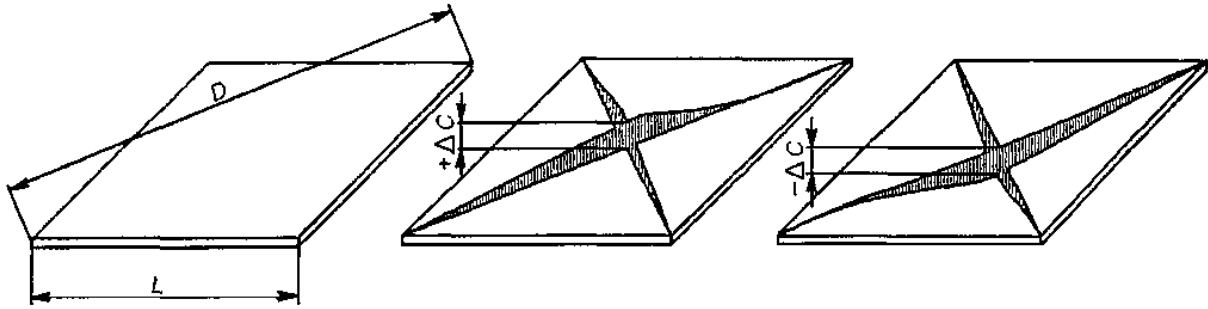


Рисунок 1.5 – Опуклість/угнутість по центру

Опуклість/угнутість граней визначають, як відстань між серединою грані керамічної плитки і площиною, в якій знаходяться три з чотирьох кутів (рис. 1.6).

$$K = \Delta S/L$$

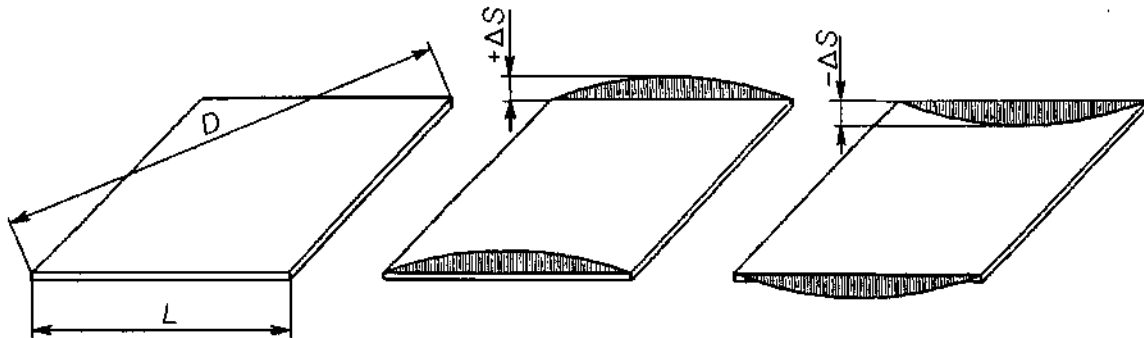


Рисунок 1.6 – Опуклість/угнутість граней

Переки́с визначають, як відстань між четвертим кутом керамічної плитки і площиною, в якій розташовані всі інші кути (рис. 1.7).

$$H = \Delta W/D$$

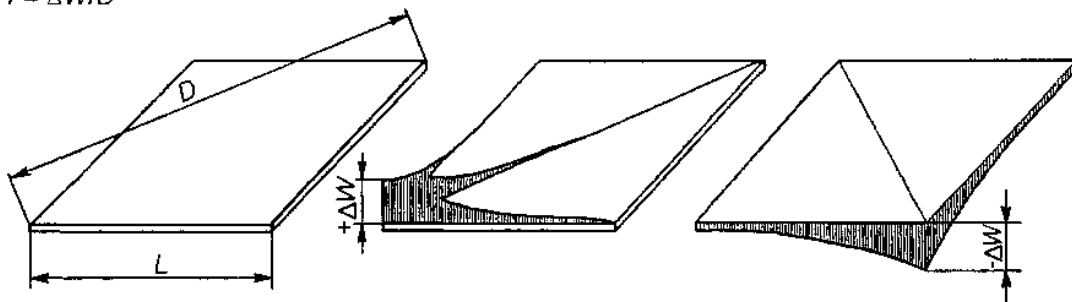


Рисунок 1.7 – Переки́с

Визначити опуклість/угнутість по центру, опуклість/угнутість граней та переки́с плитки, результати записати та зробити висновок.

Результати огляду і обміру матеріалів порівняти з даними додатками И–Н ДСТУ Б В.2.7-282, визначити вид і кількість дефектів і записати їх до таблиці 1.2. Зробити висновок о якості виробів, що випробовуються за зовнішнім виглядом й результатами обмірів.

Таблиця 1.2 – Результати контролю розмірів і правильності форми плитки

Вид дефекту	Результати контролю
Відхилення розмірів від номінальних, мм: – за довжиною; – за шириною; – - за товщиною.	
Косокутність, мм	
Кривизна лицьової поверхні, мм	
Викривлення граней, ребер, мм	
Відбитості ребер і кутів, мм	
Тріщини	
Щербини: – шириною в напрямі, перпендикулярному ребру, мм; – загальної довжини, мм.	
Посічка довжиною, мм.	

Визначення зносостійкості плитки для підлог

Зносостійкість – це здатність матеріалу протистояти дії стираючого навантаження. У плитки для підлоги цей показник зв'язаний з тертям о поверхню підошви взуття людей. Згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-283 зносостійкість оцінюють втратою маси плитки до одиниці її площі на кругу стирання (рис. 1.8).

Порядок виконання роботи

Для визначення втрати маси плитки при стиранні треба вибрати зразок розміром 70 × 70 мм або 50 × 50 мм, попередньо зважити його з точністю до 0,1 г, виміряти довжину і ширину та обчислити площину з точністю до 0,1 см². Встановити зразок на диск стирання. На шліфувальну доріжку рівномірно насипати шар абразивного матеріалу у кількості 0,4 г на 1 см² поверхні зразка і ввімкнути привод шліфувального диска. При обертанні

диска, на який рівномірно подається пісок і навантаженні на зразок не більше ніж 0,06 МПа відбувається стирання поверхні зразка і втрата його маси. Після 30 м шляху шліфувальний диск зупинити, видалити та ретельно очистити зразок після чого зважити. Шліфувальний диск очистити від відпрацьованого абразивного матеріалу.



Лабораторне коло ЛКИ-3



Вимірювач абразивної стійкості
Abrasi metro W3-B

Рисунок 1.8 – Обладнання для визначення зносостійкості плитки

Потім зразок, який випробовують, повернути на 90° і продовжити випробування з новою порцією абразивного матеріалу. Процес повторити чотири рази для одного зразку, кожного разу повертаючи його на 90° в одному напрямку.

Якщо розбіжність між найменшою і найбільшою втратами маси після окремих циклів складає менше ніж 3 % загальної втрати маси після чотирьох циклів, випробування вважається закінченим. Якщо розбіжність більша, то випробування треба продовжити до 12 циклів шліфування. Зносостійкість Q , г/см² обчислити за формулою:

$$Q = \frac{3m_4}{S}$$

$$Q = \frac{3m_{12}}{S},$$

де m_4 – сумарна втрата ваги після 4 циклів стирання, г;
 m_{12} – сумарна втрата ваги після 12 циклів стирання, г;
 S – площа зразка, см²;
3 – коефіцієнт приведення до 4; 12 циклів випробувань.

Результат обчислення округлити до 0,01 г/см.

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. Які матеріали мають назву «кераміка»?
2. Що є сировиною для виробництва керамічних виробів?
3. Які добавки використовують при виробництві кераміки?
4. Яке поглинання води у пористих та щільних керамічних виробів?
5. Як за призначенням підрозділяють керамічні вироби?
6. Як відбувається контроль розмірів і правильності форми керамічної плитки?
7. Що таке зносостійкість і як вона визначається?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОПОГЛИНАННЯ, ВІДКРИТОЇ ПОРИСТОСТІ, ВІДНОСНОЇ ТА ОБ'ЄМНОЇ ГУСТИНИ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

Мета: Ознайомитися з методиками визначення водопоглинання, відкритої пористості, відносної та об'ємної густини керамічної плитки.

Загальні відомості

Визначення водопоглинання, відкритої пористості, відносної та об'ємної густини керамічної плитки проводяться у відповідності до ДСТУ Б В.2.7-283.

Водопоглинення (Е) характеризується здатністю сухих матеріалів втягувати й утримувати в собі воду.

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283 керамічні плитки за способом формування та водопоглинання поділяються на групи (табл. 2.1).

Пористість матеріалу (Р) – характеризується ступенем заповнення його загального об'єму порами.

Середня густина (ρ) – характеризується масою сухого матеріалу в одиниці загального об'єму – у природному стані, тобто разом з порами.

При визначенні середньої густини матеріалу можна використовувати зразки як правильної, так і неправильної геометричної форми. Від форми зразка залежить метод визначення середньої густини матеріалу. В лабораторній роботі для керамічної плитки потрібно визначити її об'ємну густину.

Таблиця 2.1 – Класифікація керамічних плиток за групами водопоглинання і способом формування

Спосіб формування	Група І $E \leq 3 \%$	Група ІІ _а $3 \% < E \leq 6 \%$	Група ІІ _б $6 \% < E \leq 10\%$	Група ІІІ >10%
А Екструзія	Група АІ _а $E \leq 0,5\%$ (додаток А)	Група АІІ _{а-1} ¹⁾ (додаток В)	Група АІІ _{б-1} ¹⁾ (додаток Д)	Група АІІІ (додаток Ж)
	Група АІ _б $0,5 \% < E \leq 3 \%$ (додаток Б)	Група АІІ _{а-2} ¹⁾ (додаток Г)	Група АІІ _{б-2} ¹⁾ (додаток Е)	
В Напівсухе пресування	Група ВІ _а $E \leq 0,5 \%$ (додаток И)	Група ВІІ _а (додаток Л)	Група ВІІ _б (додаток М)	Група ВІІІ ²⁾ (додаток Н)
	Група ВІ _б $0,5 \% < E \leq 3 \%$ (додаток К)			
Примітка 1. Групи АІІ _а та АІІ _б поділяють на дві частини (частина 1 і 2) із різними вимогами до виробів.				
Примітка 2. До групи ВІІІ відносяться глазуровані керамічні плитки. Є невелика кількість неглазурованих керамічних плиток напівсухого пресування, які виготовляються з водопоглинанням понад 10 %, на які дана група виробів не поширюється.				

Прилади і обладнання

1. Шафа сушильна СП-50С.
2. Ємкість для кип'ятіння з інертного матеріалу.
3. Плитка електрична або газова побутова.
4. Ваги з границею допустимої похибки $\pm 0,01$ г.
5. Ваги технічні з границею допустимої похибки $\pm 0,1$ г.
6. Ваги лабораторні електронні з границею допустимої похибки $\pm 0,03$ г.
7. Ваги лабораторні квадрантні або іншого типу з границею допустимої похибки $\pm 0,02$ г.
8. Дистильована або питна вода кімнатної температури.
9. Ексикатор.
10. М'яка серветка.
11. Пристосування для гідростатичного зважування, за допомогою якого зразки занурюють у воду з метою визначення їх маси в зануреному у воду стані.
12. Скляна ємкість для гідростатичного зважування, яка за своїми розмірами і формою придатна для повного занурення у воду зразка.

13. Вакуумна камера і вакуумна система відповідних розмірів для розміщення необхідної кількості зразків, а також створення і підтримки вакууму 10 ± 1 кПа протягом 30 хв.

Визначення водопоглинання

Порядок виконання роботи

Відбір зразків

Для проведення випробування треба відбирати 10 цілих плиток. Якщо площа лицьової поверхні керамічної плитки більше ніж $0,04 \text{ м}^2$, то для випробування можна відібрати п'ять цілих керамічних плиток. У випадку, якщо маса керамічної плитки менше ніж 50 г, то для випробування приймають групу плиток загальною масою від 50 г до 100 г.

Керамічну плитку з довжиною сторін більше ніж 200 мм допускається розрізати на частини, при цьому випробуванню повинні підлягати всі її частини.

Перед проведенням випробування зразки висушити у сушильній шафі за температури $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ до постійної маси. Масу вважають постійною, якщо розбіжність між результатами двох послідовних зважувань в інтервалі 24 год. не складатиме менше ніж 0,1 %. Якщо зразок був відібраний безпосередньо після випалу, висушувати його не треба.

Після сушіння зразки охолодити в ексікаторі до кімнатної температури, застосовуючи силікагель або інший відповідний сушильний агент, крім кислоти, і зважити з точністю, відповідно до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Точність зважування в залежності від маси керамічних плиток

Маса керамічної плитки, г	Точність зважування, г
Від 50 до 100 включно	0,02
Понад 100 до 500 включно	0,05
від 500 до 1000	0,25
від 1 000 до 3 000	0,50
від 3 000	1,00

Насичення водою

Для визначення проникання води у відкриті пори зразків є два методи: кип'ятіння і насичення водою у вакуумі. При кип'ятінні відбувається насичення водою тільки відкритих пор, що легко заповнюються; при вакуумному методі заповнюються майже всі відкриті пори.

Метод кип'ятіння застосовують для класифікації керамічних плиток, а також для специфікації виробів. Вакуумний метод застосовують для визначення відкритої пористості, уявної відносної густини і об'ємної густини, а також водопоглинення.

Метод кип'ятіння

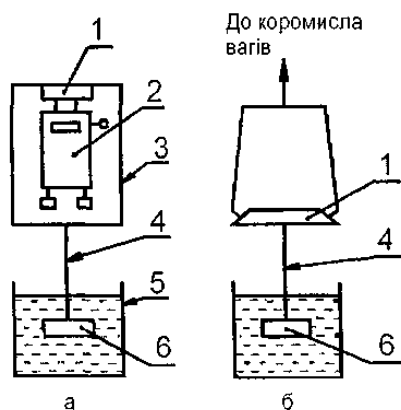
Керамічні плитки помістити вертикально в ємкість з водою так, щоб вони не торкалися одна з одною і щоб над плитками і під ними знаходився шар води 5 см. Рівень води в 5 см треба підтримувати над плитками протягом всього терміну випробування. Воду довести до кипіння і витримати зразки в киплячій воді протягом 2 год. Повністю занурені керамічні плитки протягом 4 год \pm 15 хв охолодити до кімнатної температури. Для охолодження зразків можна використовувати воду кімнатної температури або охолоджувальний змішувик. Поверхню керамічної плитки витерти за допомогою змоченої водою м'якої серветки. Після такої обробки кожен керамічну плитку зважити відповідно до таблиці 2.1.

Вакуумний метод

Керамічні плитки треба розмістити у вакуумній камері так, щоб вони не торкалися одна одної. Тиск у камері знизити, створюючи розрідження (10 ± 1) кПа яке треба підтримувати протягом 30 хв.

Після цього вакуумну камеру заповнювати водою до моменту, поки плитки не покриються шаром води 5 см. Камеру з'єднати з атмосферою, а плитки витримати під водою протягом подальших 15 хв. Кожну поверхню керамічної плитки треба підсушити змоченою водою та віджатою м'якою серветкою. Зважити плитку відповідно до таблиці 2.1.

Після насичення водою зразків у вакуумі визначити масу m_3 кожної зануреної у воду керамічної плитки з точністю до 0,01 г. Визначення проводити за допомогою пристосування для гідростатичного зважування (рис. 2.1) при повному зануренні зразків у воду. При зважуванні рівень рідини в скляній ємкості потрібно підтримувати постійним.



а – з використанням квадратних або електронних ваг без нижнього підвісу; б – з використанням коромислових ваг; 1 – чашка ваг; 2 – квадратні або електронні ваги; 3 – рамка підвісу; 4 – нитка підвішування металева; 5 – скляна ємність; 6 – зразок

Рисунок 2.1 – Схема пристосування для гідростатичного зважування

Примітка. При використанні ваг з нижнім підвісом нитку треба приєднувати безпосередньо до підвісу.

Обчислення водопоглинання за масою

Водопоглинання $E_{(b,v)}$ керамічної плитки обчислити у відсотках відповідно до маси в сухому стані за формулою:

$$E_{b,v} = \frac{m_{2(b,v)} - m_1}{m_1} \cdot 100,$$

де m_1 – маса сухої керамічної плитки;

m_{2b} – маса керамічної плитки, насиченої водою методом кип'ятіння;

m_{2v} – маса керамічної плитки, насиченої водою вакуумним методом;

m_3 – маса керамічної плитки в зануреному у воду стані після насичення водою вакуумним методом.

Подальші розрахунки базуються на тому, що 1 см^3 води важить 1 г. Ця методика проведення випробувань забезпечує отримання результатів із точністю до 3 % (за кімнатної температури).

Примітка. При використанні m_{2b} водопоглинання позначають E_b , а при використанні m_{2v} – позначають E_v . Таким чином, водопоглинання пор, що легко заповнюються, позначають E_b , водопоглинання всіма порами – E_v .

Визначення відкритої пористості

Загальний об'єм зразка без відкритих пор V , см^3 , обчислити за формулою:

$$V = m_{2v} - m_3.$$

Об'єми відкритих V_0 і закритих пор V_i , см^3 , обчислити за формулами:

$$V_0 = m_{2v} - m_1,$$

$$V_i = m_1 - m_3.$$

Відкриту пористість P визначити відношенням об'єму відкритих пор зразка до його об'єму без відкритих пор. Відкриту пористість обчислити у відсотках за формулою:

$$P = \frac{m_{2v} - m_1}{V} \cdot 100.$$

Визначення відносної та об'ємної густини

Уявну відносну густину зразка обчислити за формулою:

$$\rho = \frac{m_1}{m_1 - m_3}.$$

Об'ємна густина зразка є часткою від ділення маси в сухому стані на загальний об'єм зразка, включаючи пори.

Об'ємну густину, г/см^3 , обчислити за формулою:

$$\gamma = \frac{m_1}{V}.$$

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. Що називають водопоглинанням?
2. Як визначають водопоглинання керамічної плитки?
3. Що таке пористість матеріалу і як вона визначається?
4. Що таке середня густина?

5. Як відбираються зразки плитки для визначення водопоглинання, пористості та густини?
6. Як визначається відносна густина керамічної плитки?
7. Що таке об'ємна густина і як вона визначається?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ВИПРОБУВАННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ НА МІЦНІСТЬ ПРИ ЗГІНІ

Мета: Ознайомитись з методикою визначення границі міцності керамічної плитки при згині. Навчитися визначати руйнівне навантаження при випробовуванні.

Загальні відомості

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283 руйнівне зусилля – величина в Ньютонах, за якої зразок, що випробовують, руйнується, визначається за шкалою приладу.

Руйнівне навантаження – величина в Ньютонах, одержана множенням величини руйнівного зусилля на відстань між опорними стрижнями, поділена на ширину зразка, що випробовується.

Границя міцності при згині – величина в Ньютонах на квадратний міліметр, одержана діленням величини розрахованого руйнівного навантаження на зведену в квадрат найменшу товщину зразка по лінії руйнування.

Руйнівне зусилля, руйнівне навантаження і границю міцності при згині керамічної плитки визначають за допомогою прикладеного з певною швидкістю зусилля на середину плитки, при цьому точка прикладеного зусилля повинна знаходитися у контакті з лицьовою поверхнею керамічної плитки.

Прилади і обладнання

1. Шафа сушильна СП-50С.
2. Пристрій вимірювання зусилля стиснення з похибкою не більше 2 %.
3. Два циліндричних опорних стрижні (опори) з металу, які в області контакту опори з зразком покриті гумою (рис. 3.1; табл. 3.1).

4. Циліндричний стрижень, що передає зусилля F , має такий же діаметр і покритий такою ж гумою, як і циліндричні опори.

Таблиця 3.1 – Діаметри опорних стрижнів, товщина гуми і відстань від опорного стрижня до краю плитки

Розміри плиток	Діаметр опорних стрижнів d , мм	Товщина гуми t , мм	Відстань від опорного стрижня до краю плитки l , мм
Від 18 до 48 включно	5	$1 \pm 0,2$	2
Понад 48 до 95 включно	10	$2,5 \pm 0,5$	5
Понад 95	20	5 ± 1	10

Порядок виконання роботи

Методом випадкової вибірки відібрати з партії зразки. За можливості випробуванню піддають цілі плитки. Якщо розміри плитки надто великі, дозволяється вирізання плитки так, щоб їх можна було розмістити у випробувальній пристрої. У цьому випадку вирізаються прямокутні зразки максимально великого розміру, а їх центри повинні відповідати центрам плиток. У випадках розбіжностей визначальними вважати результати випробувань цілих плиток.

Мінімальна кількість зразків для випробовування повинна відповідати таблиці 3.2.

Зразки очистити від прилипших частинок із зворотної сторони жорсткою щіткою. Кожен зразок висушити у сушильній шафі за температури $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постійної маси, тобто поки різниця між двома послідовними зважуваннями через 24 год не складатиме менше ніж 0,1 %.

Зразки охолодити до кімнатної температури в закритій сушильній шафі або в ексікаторі. Допускається застосування силікагелю або іншої відповідної речовини, що прискорює сушіння, за винятком кислоти.

Таблиця 3.2 – Мінімальна кількість зразків

Розміри плиток, см	Мінімальна кількість зразків
Від 18 до 48 включно	10
Понад 48	7

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283 випробування зразків можна проводити не пізніше ніж через 3 год після їх охолодження до кімнатної температури.

Для випробування зразок встановити на опорні стрижні глазурованою або лицьовою поверхнею догори так, щоб він виходив за кожну опору на довжину, відповідно до таблиці 3.1.

При випробуванні плиток з однаковими лицьовою і зворотною поверхнею, наприклад, неглазурованих керамічних мозаїчних плиток, не важливо, яка сторона знаходиться зверху. Екструзійні плитки встановлюються так, щоб виступаючі ребра знаходилися під прямим кутом до опор. Всі інші прямокутні плитки розташовують повздовжньою гранню під прямим кутом до опор.

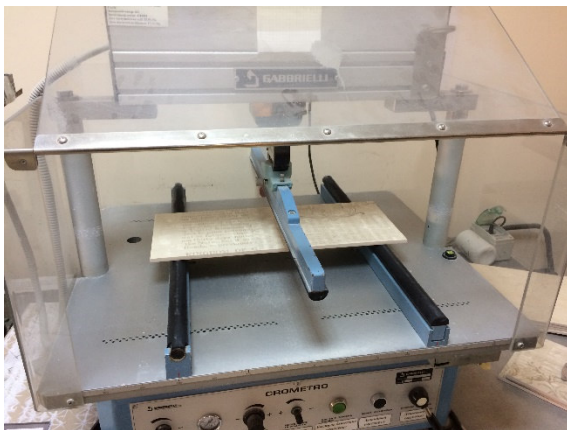
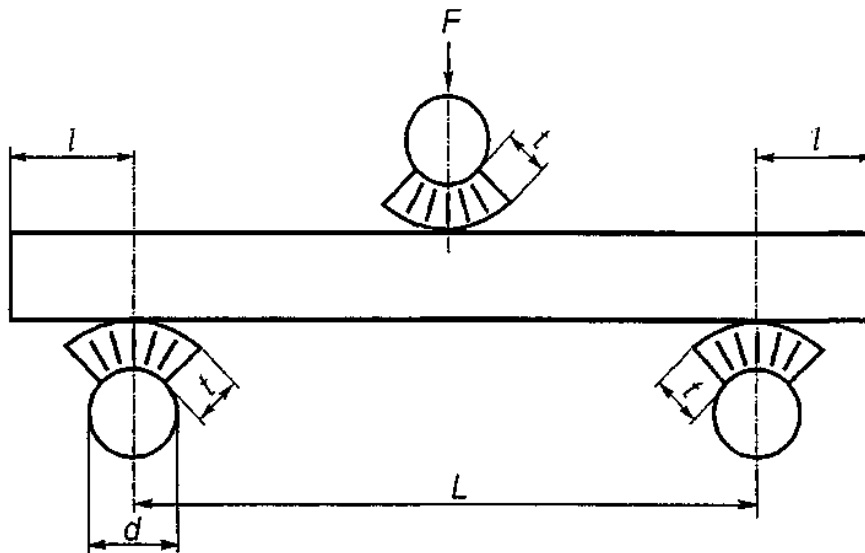


Рисунок 3.1 – Випробовування керамічної плитки на міцність при згині

При випробуванні плиток із рельєфною поверхнею між циліндричним стрижнем і рельєфною поверхнею укладається другий шар гуми відповідної товщини (табл. 3.1).

Циліндричний стрижень, що передає зусилля, повинен знаходитися на однаковій відстані від опор. Швидкість прикладеного зусилля повинна бути рівномірною і складати $(1 \pm 0,2)$ Н/мм² в секунду. Показник руйнівного зусилля F треба зареєструвати.

Для розрахунку середнього значення руйнівного навантаження і середньої границі міцності при згині треба використовувати результати випробування тільки тих зразків, які були зруйновані в центральній поздовжній зоні, яка відповідає діаметру циліндричного стрижня, що передає зусилля. Для розрахунку середнього значення потрібні п'ять результатів випробування.

За наявності менше п'яти результатів проводять випробування другої проби з подвоєною кількістю плиток. У цьому випадку для розрахунку середнього значення потрібно не менше 10 результатів випробувань.

Руйнівне навантаження S обчислити за формулою:

$$S = \frac{F \cdot L}{b},$$

де F – руйнівне зусилля, Н;
 L – відстань між опорними стрижнями, мм;
 b – ширина зразка, мм.

Границю міцності при згині, R , Н/мм², визначають за формулою:

$$R = \frac{3FL}{2bh^2} = \frac{3S}{2h^2},$$

де F – руйнівне навантаження, Н;
 L – відстань між опорними стрижнями, мм;
 b – ширина зразка;
 h – найменша товщина зразка вздовж лінії руйнування, мм.

Для розрахунку границі міцності при згині приймається прямокутний переріз зразка. Середнє значення руйнівного навантаження і середню границю міцності при згині зразків розрахувати як середнє значення отриманих результатів випробування.

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. Що таке руйнівне зусилля?
2. Що таке руйнівне навантаження?
3. Як визначається границя міцності при згині?
4. Як здійснюється відбір зразків для випробування керамічної плитки на згин?
5. Яке обладнання використовують при випробуванні керамічної плитки на згин?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦІ ТЕКУЧОСТІ ТА ГРАНИЦІ РОЗКОЧУВАННЯ ГЛИНИ

Мета: Освоїти методику визначення границі текучості та границі розкочування глини.

Загальні положення

При зволоженні глини та каоліни утворюють пластичне тісто, що під дією прикладеного навантаження змінює свою форму без руйнування та розтріскування. В керамічних масах тверді глинисті частки розділяються прошарками води що дозволяє твердим часткам глини зміщуватися одна від одної під дією власної ваги і прикладеного навантаження.

Консистенція – це можливість зміщення часток речовини одна відносно одної в залежності від вологості і величини прикладеного зусилля. При збільшенні вологості міняється стан глини від твердого до напівтвердого, пластичного та текучого. Показник консистенції, що буде визначатися в лабораторній роботі характеризує цей стан.

Прилади і обладнання

1. Балансирний конус Васильєва.
2. Ваги з границею допустимої похибки $\pm 0,01$ г.
3. Шафа сушильна СП-50С.
4. Планетарний млин.
5. Бюкси.
7. Зразки глини.

Порядок виконання роботи

Визначення границі текучості

Границю текучості слід визначати відповідно до ДСТУ Б В. 2.1-4 як вологість пасти, яка приготовлена з глини, що досліджується, при якій балансирний конус з масою 76 г занурюється під дією власної ваги за 5 с на глибину 10 мм.

Для визначення границі текучості треба розтерти в порцеляновій чашці за допомогою шпателя зразок глини природної вологості (дозволяється нарізання глини ножем). Просіяти через сито № 1 приготовлену пробу масою 300 г. Пробу помістити в ексикатор та витримати в ньому не менше ніж 2 години. Через дві години зразок глини знову розтерти в порцеляновій ступці та просіяти через сито №1 та добавляти дистильовану воду доки не утвориться паста. Отриману пасту треба перемішати та щільно заповнити нею чашу приладу Васильєва (рис. 4.1). Поверхню пасти треба ретельно загладити. Чашу встановити на підставку. Змашений конус підвести до поверхні пасти та плавно відпустити. Конус почне занурюватися в пасту під дією власної ваги.



Рисунок 4.1 – Балансирний конус

Якщо конус зануриться в пасту на глибину 10 мм (до відмітки на конусі) за 5 секунд, вологість пасти відповідає границі текучості W_L .

Якщо за 5 секунд конус зануриться на меншу глибину, експеримент повторюють після додавання в пасту дистильованої води та перемішування (паста викладається з чашки).

Якщо конус за 5 секунд зануриться на більшу глибину, пасту треба достати з чашки, перемішати з пастою що залишалася та додати трохи дистильованої води. Після чого експеримент повторити.

При досягненні вологості, що відповідає границі текучості, з пасти треба відібрати пробу масою 15 – 20 г і визначити її вологість за формулою:

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1},$$

де m_2 – маса відібраної проби пасти;

m_1 – маса відібраної проби пасти висушеної до постійної ваги.

Визначення границі розкочування

Під вологістю, що відповідає границі розкочування розуміють вологість пасти, при якій паста яку розкочують в джгут діаметром 3 мм, починає розпадатися на шматочки довжиною 3 – 10 мм.

Пластичне тісто долонею розкочується по рівній поверхні в джгут. Розкочувати треба до тих пір, доки діаметр джгута не стане дорівнювати 3 мм. Якщо при діаметрі 3 мм довжина джгута перевищує ширину долоні, пасту треба підсушити.

При досягненні вологості пасти при якій джгут при розкочуванні його до діаметру 3 мм почне розпадатися на шматочки довжиною 3-10 мм припинити випробування.

Визначити вологість шматочків що відповідає границі розкочування.

Число пластичності I_P визначити за формулою:

$$I_P = W_L - W_P,$$

де W_L – вологість, що відповідає границі текучості;

W_P – вологість, що відповідає границі розкочування.

Показник консистенції глини визначити за формулою:

$$I_L = (W - W_P) / I_P,$$

де W – вологість глини в природному стані (для визначення необхідно відібрати 10–15 г глини і визначити вологість відповідно до розділу 1).

Відповідно до таблиці 4.1 визначити стан глинистого ґрунту та зробити висновок.

Таблиця 4.1 – Класифікація глинистого ґрунту залежно від показника текучості відповідно до ДСТУ Б В.2.1–4–96

Стан	Показник консистенції, I_L
Тверді	$I_L < 0$
напівтверді	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичні	$0,25 < I_L \leq 0,5$
м'якопластичні	$0,5 < I_L \leq 0,75$
текучопластичні	$0,75 < I_L \leq 1,0$
Текучі	$I_L > 1,0$

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. Що називають консистенцією глини?
2. Як змінюється стан ґрунту в залежності від вологості.
3. Як визначити вологість глини в природному стані?
4. Як визначити вологість, що відповідає границі текучості?
5. Як визначити вологість, що відповідає границі розкочування?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ, КІЛЬКОСТІ СУХОЇ РЕЧОВИНИ ТА ТЕКУЧОСТІ ГЛИНИСТОЇ СУСПЕНЗІЇ ТА ШЛІКЕРУ

Мета: Освоїти методику визначення щільності і текучості глинистої суспензії та шлікеру.

Загальні положення

Виробництво керамічної плитки складається з наступних технологічних операцій: шлікерний спосіб виготовлення плиткової маси методом спільного помелу матеріалів в трубному млині безперервної дії; сушіння шлікеру і перетворення його у прес-порошок у баштовій розпилювальній сушарці; пресування плитки на гідравлічному пресі; сушка

плитки у швидкісних вертикальних сушарках; офактурювання та декорування; сушка та випал плитки у швидкісних роликових пічках.

При виробництві керамічної плитки виконується перевірка ряду технологічних параметрів сировини. Зокрема, визначається густина, вологість глинистої суспензії та шлікеру, контролюється залишок на контрольному ситі № 0063.

Прилади і обладнання

1. Пікнометр.
2. Віскозиметр Novotest.
3. Конус об'ємом 100 см³.
4. Секундомір.
5. Сито № 0,0063.
6. Ваги з границею допустимої похибки $\pm 0,01$ г.
7. Шафа сушильна СП-50С.
8. Мішалка аналогова.
9. Планетарний млин.

Порядок виконання роботи

Визначення щільності глинистої суспензії

Для проведення випробовування відібрати пробу з басейну для накопичення (або розпустити глину в лабораторних умовах) в кількості 200 – 250 см³. Пікнометр ретельно помити, витерти насухо та зважити. Вилити пробу у пікнометр заповнюючи його повністю, закрити пікнометр кришкою, витерти його зовні та зважити. Визначити масу витої глинистої суспензії. Щільність глинистої суспензії визначити за формулою:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

де m – маса глинистої суспензії в пікнометрі;
 V – об'єм пікнометра, 100 см³.

Питому вагу, вологість та кількість сухої речовини готової глинистої суспензії або шлікеру визначити за масою 100 см³ відповідно до таблиць

додатку А. Вологість глинистої суспензії повинна складати 46–48 %, шлікеру – 34,5–36 %.

Суспензію або шлікер з пікнометра вилити на контрольне сито отвором 0,0063 для визначення залишку.

Знаючи питому вагу твердої речовини D та питому вагу шлікеру, D_M визначити вміст води за формулою:

$$W = \frac{100(D - D_M)}{D_M(D - 1)},$$

де D – питома вага твердої речовини;

D_M – питома вага шлікеру.

Вміст сухої речовини C в пробі визначити за формулою:

$$C = \frac{100D(D_M - 1)}{D_M(D - 1)}.$$



Рисунок 5.1 – Пікнометр (ємність 100 мл)

Визначення піщаного залишку на контрольному ситі

Твердий залишок на контрольному ситі № 0,0063 треба ретельно промити, висушити в сушильній шафі до постійної ваги при температурі 110 °С та зважити.

Відсотковий вміст, δ піщаного залишку визначити за формулою:

$$\delta = \frac{a \cdot 100}{100 - W},$$

де a – вага сухого залишку, г;
 W – вологість.

Визначити відсотковий вміст залишку в 100 см³ глинистої суспензії на контрольному ситі № 0,0063. Залишок не повинен перевищувати 3,5 % від ваги сухої речовини в суспензії або шлікері.

Визначення текучості глинистої суспензії

Метод визначення текучості заснований на вимірюванні часу витікання 100 см³ глинистої суспензії (або готового шлікеру, глазури та мастики) через віскозиметр (рис. 5.2) діаметром філь'єри – 6 мм (для глазури або мастики – 4 мм). Для випробування відібрати пробу ковшем і перелити у ємність об'ємом не менше ніж 300 см³. Пробу ретельно перемішати протягом однієї хвилини.

Перед використанням віскозиметр треба промити та насухо витерти. Потім закрити нижній випускний отвір і залити в нього пробу, що випробовується (ємність віскозиметра 100 см³).



Рисунок 5.2 – Віскозиметр Novotest

Через 30 секунд після наповнювання віскозиметра випускний отвір відкрити і одночасно ввімкнути секундомір та визначити час витікання речовини (текучість). Час витікання t_1 з віскозиметра проби, що випробовується характеризує її текучість.

Текучість глинистої суспензії повинна складати 7–10 секунд для глинистої суспензії та 14–22 секунди для шлікеру.

Віскозиметр долити до переливу та залишити на 30 хв. Через 30 хв. визначити текучість текучість t_2 .

Коефіцієнт загустивання визначити за формулою:

$$K = \frac{t_2}{t_1},$$

де t_1 – час витікання через 30 сек. відстоювання;

t_2 - час витікання через 30 хв. відстоювання.

В якості основного показника загустивання приймають відношення швидкості витікання 100 см³ суспензії, витриманої у віскозиметрі в спокійному стані 30 хв. до швидкості витікання шлікеру, витриманого у віскозиметрі 30 сек.

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. З яких основних операцій складається виробництво керамічної плитки?
2. Як визначається густина та питома вага глинистої суспензії або шлікеру?
3. Як визначається вологість та кількість сухої речовини глинистої суспензії або шлікеру?
4. Як визначається текучість?
5. Як визначати коефіцієнт загустивання?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО УТВОРЕННЯ ПЛЯМ

Мета: Ознайомитися з методикою визначення стійкості до утворення плям.

Загальні відомості

Стійкість керамічних плиток до утворення плям визначають відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283 шляхом дії розчинів і матеріалів на лицьову поверхню керамічних плиток протягом відповідного періоду часу. Після цього

поверхню керамічних плиток очищають встановленим способом і досліджують на видимі зміни.

Прилади і обладнання

1. Зразки керамічної плитки.
2. Плямоутворювачі (рідка олія; йод спиртовий; плямоутворювачі хімічної/окислювальної дії).
3. Очищувальні засоби (гаряча вода з температурою $(55 \pm 5)^\circ\text{C}$; слабкі чистильні засоби: засоби без абразивного матеріалу із значенням рН від 6,5 до 7,5; сильні чистильні засоби: засоби з абразивним матеріалом із значенням рН від 9 до 10; розчинники).
4. Шафа сушильна СП-50С.

Порядок виконання роботи

Для випробовування відібрати п'ять непошкоджених зразків, що складаються з цілих керамічних плиток або їх частин. Для запобігання злиттю плямоутворювачів потрібна достатньо велика поверхня. Якщо керамічні плитки мають невеликі розміри, допускається використовувати додаткові керамічні плитки. Зразки ретельно очистити водою і просушити у сушильній шафі за температури $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постійної маси, тобто поки різниця між двома послідовними зважуваннями складатиме не більше ніж 0,1 %. Потім зразки охолодити в ексикаторі до кімнатної температури.

На поверхню плитки нанести три – п'ять крапель зеленого плямоутворювача в рідкій оліві та червоного плямоутворювача в рідкій оліві (тільки для керамічних плиток, забарвлених у зелений колір) і на окремі зони поверхні додати три – чотири краплі спиртового йоду і плівкоутворювального плямоутворювача (оливкова олія тощо). Для додання нанесеним краплям округлої форми накласти на них опукле скло діаметром 30 мм. Плямоутворювачі залишити під склом приблизно на 24 год.

Способи очищення і пристосування для очищення відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283

Спосіб А

Зразки протягом 5 хв очищати під проточною гарячою водою, після чого їх поверхню протерти вологою серветкою.

Спосіб Б

Зразки очистити слабким чистильним засобом із застосуванням м'яких натуральних губок або серветок. Після цього поверхню промити під проточною водою і протерти вологою серветкою.

Спосіб В

Очищення зразків проводити механічно із застосуванням сильних чистильних засобів. Приклад пристосувань:

- щітка, що обертається, діаметром 8 см з жорсткими щетинками із швидкістю обертання 500 об/хв⁻¹;
- ємкість для очищувального засобу з відповідною подачею, сполучена зі щіткою.

Очищення проводиться 2 хв, після цього поверхню промивають під проточною водою і протирають вологою серветкою.

Спосіб Г

Зразки на 24 год занурити у відповідний розчинник, після чого поверхню ретельно промити під проточною водою і протерти вологою серветкою.

Очищення вважають закінченим після видалення плями одним з розчинників.

Після кожного очищення зразки висушити у сушильній шафі за температури $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ і дослідити візуально. Дослідження поверхні виконується неозброєними оком або в окулярах при їх постійному носінні на відстані від 25 см до 30 см при денному або штучному освітленні (приблизно 300 лк); прямого сонячного освітлення слід уникати.

Якщо пляма видалена, клас очищення визначають за рисунком 6.1. Якщо пляму не видалено, застосувати спосіб очищення, наведений на рисунку 6.1.

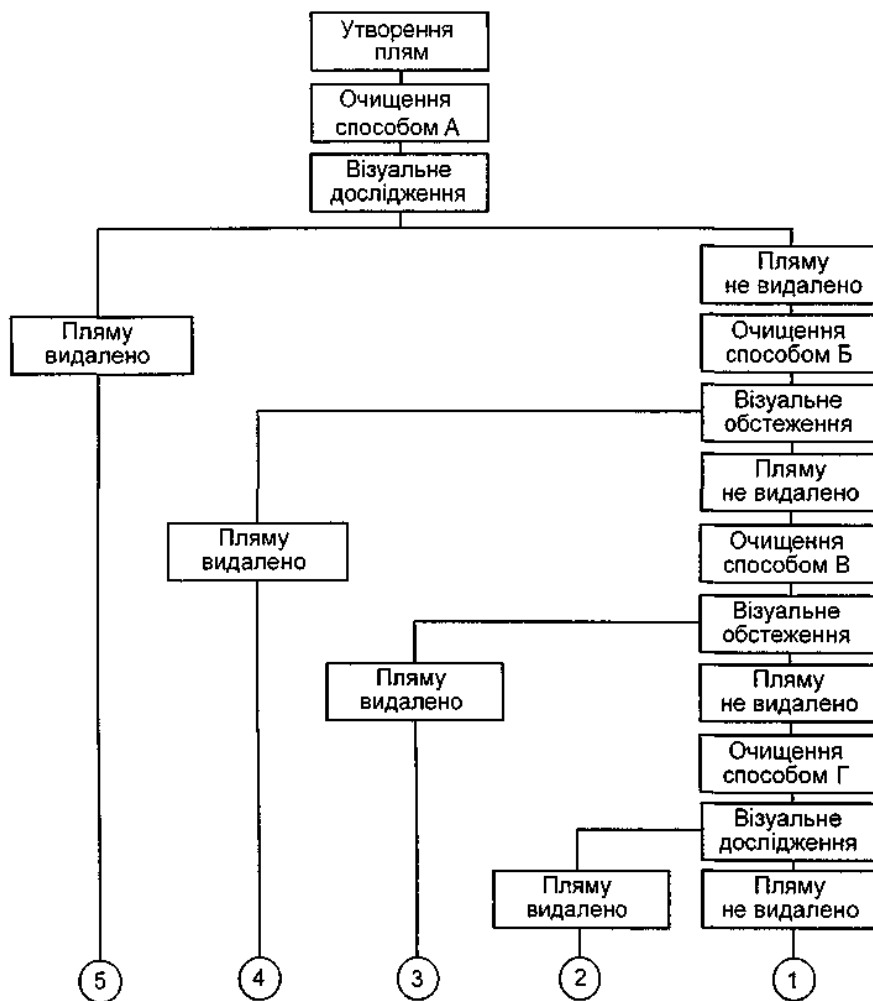


Рисунок 6.1 – Схема класифікації результатів випробування з застосуванням плямоутворювачів

Результати випробувань

За результатами випробувань поверхні зразків визначити класів згідно з рисунком 6.1.

Результати випробувань по кожному зразку із застосуванням кожного з встановлених плямоутворювачів зареєструвати.

Клас 5 відповідає найлегшому ступеню очищення плями; клас 1 означає, що пляма не піддається очищенню жодним із зазначених способів і/або свідчить про наявність незворотного пошкодження лицьової поверхні.

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. З якою метою визначається стійкість керамічної плитки до утворення плям?
2. Як відбираються зразки для дослідження?

3. Які плямоутворювачі використовуються для дослідження?
4. Як очищається плитка від плямоутворювача?
5. Класифікація результатів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

ВИЗНАЧЕННЯ МОРОЗОСТІЙКОСТІ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

Мета: Засвоїти методику визначення морозостійкості керамічної плитки. Визначити морозостійкість.

Загальні відомості

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283 керамічні плитки після насичення водою піддають попереми́нній дії температур $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і мінус $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Керамічні плитки піддають заморожуванню в термін не менше ніж 100 циклів заморожування-відтавання.

Прилади і обладнання

1. Шафа сушильна СП-50С.
2. Лабораторні ваги з точністю до 0,01 %.
3. Прилад для насичення водою керамічних плиток після видалення повітря вакуумним насосом, що дозволяє створювати вакуум (60 ± 4) кПа в ємкості, де знаходяться керамічні плитки.
4. Морозильна камера, в якій можна заморожувати не менше 10 плиток загальною площею не менше $0,25\text{ м}^2$, виключаючи їх зіткнення між собою.
5. Вода з температурою $(20 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$.
6. Термoeлемент або інший прилад, призначений для вимірювання температури.

Порядок виконання роботи

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283 для проведення випробування відібрати 10 цілих керамічних плиток. На плитках не повинно бути дефектів. Дефектом вважають тріщини черепка, тріщини глазурі, відбиті грані і кути.

Висушити плитки у сушильній шафі за температури $(110 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постійної маси, тобто поки різниця між двома послідовними зважуваннями

протягом 24 год не складатиме менше 0,1 %. Масу кожної плитки в сухому стані m_1 зареєструвати. Після охолодження плиток до температури навколишнього середовища їх треба встановити вертикально у суху вакуумну ємкість, виключаючи при цьому їх зіткнення між собою і ємкістю.

Вакуумний насос приєднати до вакуумної ємкості і створити розрідження (60 ± 4) кПа. Підтримуючи дане розрідження, в ємкість з керамічними плитками налити воду, щоб вона покривала плитки не менше ніж на 50 мм. Розрідження підтримувати протягом подальших 15 хв, і потім тиск вирівняти до атмосферного.

Намочити та віджати м'яку серветку і підсушити нею кожную сторону керамічної плитки.

Водопоглинання до початку процесу заморожування E_1 у відсотках розрахувати за формулою:

$$E_1 = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100,$$

де m_1 – маса кожної керамічної плитки в сухому стані, г;

m_2 – маса кожної керамічної плитки в насиченому водою стані, г.

З керамічних плиток відібрати ту, яка має найбільшу товщину, приймаючи при цьому, що вона є характерною для всієї вибірки. Потім в середині грані висвердлити отвір діаметром 3 мм на глибину не більше ніж 40 мм, в який помістити термоелемент або інший відповідний вимірювальний пристрій. Отвір закрити теплоізоляційним матеріалом (наприклад, спученим полістиролом). У разі, коли висвердлювання отвору неможливе, термоелемент помістити у середині лицьової поверхні керамічної плитки і наклеїти іншу плитку. Відібрані для випробування плитки помістити вертикально у морозильну камеру, щоб між ними була відстань і навколо всіх поверхонь циркулювало повітря. Плитка з термоелементом встановлюється у середину зразків для випробування. Термоелемент вимірює температуру всіх плиток. При подальших випробуваннях з аналогічними зразками такі вимірювання можна не виконувати, а проводити вибірковий контроль з використанням керамічної плитки з термоелементом. Всі вимірювання температури повинні здійснюватися з точністю до $\pm 0,5$ °C.

При швидкості охолодження не більше ніж 20 °C/год температуру плитки треба знизити до мінус 5 °C і підтримувати її протягом 15 хв. Після цього плитки занурити у воду або зросити цією водою до досягнення ними температури не менше ніж 5 °C, яку підтримують 15 хв. Цикл

заморожування/відтавання повторити не менше 100 разів. Переривання циклу дозволяється тільки на стадії витримки плиток у воді при 5 °С.

Водопоглинання E_2 після випробувань обчислити за формулою:

$$E_2 = \frac{m_3 - m_4}{m_4} \cdot 100,$$

де m_3 – маса кожної керамічної плитки після випробувань у насиченому водою стані, г;

m_4 – маса кожної керамічної плитки після випробувань у сухому стані, г.

Через 100 циклів заморожування/відтавання провести дослідження лицьових поверхонь і граней керамічних плиток. Дослідження проводити неозброєним оком або в окулярах (при їх постійному носінні) на відстані від 25 см до 30 см при інтенсивності освітлення 300 лк.

Після завершення випробування треба зареєструвати всі пошкодження, виявлені на лицьовій поверхні і на гранях керамічних плиток; описати всі дефекти (у випадку якщо вони з'явилися); вказати кількість пошкоджених плиток; зробити висновок.

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. Як проводиться випробування керамічної плитки на морозостійкість?
2. Як визначається водопоглинання до заморожування плитки та після?
3. Як проводиться дослідження плитки після її випробування на морозостійкість?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ, РОЗШИРЕННЯ ПІД ДІЄЮ ВОЛОГИ ТА СТІЙКОСТІ ДО РОЗТРИСКУВАННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

Мета: Ознайомитися з методиками визначення термічної стійкості, розширення під дією вологи та стійкості до розтріскування керамічної плитки.

Загальні відомості

Призначення даної методики полягає у визначенні стійкості до утворення мікротріщин глазурованої плитки. Опір утворенню тріщин визначається методом попереминого занурення плитки у водяну баню з холодною водою та нагріту сушильну шафу; дії водяного пару під високим тиском у автоклаві.

Зразки керамічної плитки досліджуються на наявність дефектів відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283. Безпосередньо перед випробуванням проводиться дослідження неозброєним оком або в окулярах (у випадку їх постійного носіння) на відстані від 25 см до 30 см при інтенсивності освітлення 300 лк. Для випробування відбираються зразки без дефектів. Для попереднього виявлення дефектів допускається застосовувати розчин метиленового синього.

Прилади і обладнання

1. Водяна баня для низьких температур.
2. Шафа сушильна СП-50С.
3. Вимірювальний пристрій, який має мікрометр згідно з ДСТУ ГОСТ 6507, індикатор годинникового типу згідно з ДСТУ ГОСТ 577, перетворювач (датчик) або аналогічний вимірювальний прилад із погрешністю вимірювання 0,01 мм.
4. Електропід, розрахована на температуру до 600 °С із швидкістю нагрівання 150°С/год і регулюванням температури в межах 15 °С.
5. Ємкість для кип'ятіння.
6. Паровий автоклав.
7. Розчин метиленового синього.
8. М'яка тканина.

Визначення термічної стійкості

Порядок виконання роботи

Для випробування відібрати п'ять керамічних плиток з невеликою пористістю і з водопоглинанням до 10 %. У вертикальному положенні занурити їх на 5 хв. у холодну воду температурою $15 \pm 5^{\circ}\text{C}$ водяної бані, виключаючи зіткнення їх одна з одною. Після цього зразки помістити у нагріту сушильну шафу і витримати в ній при температурі $145 \pm 5^{\circ}\text{C}$ до

встановлення однакової температури (приблизно 20 хв). Процес повторити 10 разів після чого зразки треба дослідити на наявність дефектів. Дослідження проводити неозброєним оком або в окулярах (при їх постійному носінні) на відстані від 25 см до 30 см при інтенсивності освітлення 300 лк.

Для полегшення розпізнавання дефектів глазуровану поверхню зразків допускається покривати фарбником (наприклад, 1 % водним розчином метиленового синього з додаванням невеликої кількості змочуючого агента). Через 1 хв фарбник треба видалити вологою серветкою.

Примітка. Глибина водяної бані повинна дозволяти повне занурення плитки.

Визначення розширення під дією води

Порядок виконання роботи

Розширення під дією води визначається шляхом вимірювання пропорційної зміни довжини випаленої керамічної плитки, що витримується в киплячій воді.

У випадку, якщо у вимірювальному пристрої неможливо розмістити цілі плитки, то з середини кожної плитки вирізається зразок завдовжки не менше ніж 100 мм, завширшки не менше ніж 35 мм і завтовшки відповідно до товщини керамічної плитки.

Випалити зразки у печі із швидкістю нагрівання 150 °С/год із двогодинною витримкою за температури $(550 \pm 15)^\circ\text{C}$ потім охолодити (в печі). При зниженні температури печі до $(70 \pm 10)^\circ\text{C}$ вийняти зразки, помістити їх в ексікатор та витримати 24 – 32 год за кімнатної температури. Якщо деякі керамічні плитки під впливом температури потріскались, треба випалити нові плитки, але за більш низької швидкості нагрівання і охолодження.

Визначити початкову довжину кожного зразка, яка повинна мати допуск 0,5 мм по відношенню до довжини еталонного бруска. Кожен зразок виміряти двічі з інтервалом 3 год.

Зразки витримати у кип'яченій воді протягом 24 год. Рівень води над зразками повинен бути не менше 5 см і необхідно виключити їх зіткнення як між собою, так і з підставкою і стінками ємкості.

Вийняти зразки і охолодити їх до кімнатної температури. Через 1 год після витягання зразків з ємкості і ще раз через подальші 3 год провести вимірювання.

Розширення під дією q вологи обчислити у мм/м за формулою:

$$q = \frac{\Delta l}{L} \cdot 1000,$$

де Δl – різниця між двома середніми значеннями довжини, мм;
 L – середня початкова довжина зразка, мм.

Розширення під дією вологи у відсотках обчислити за формулою:

$$q = \frac{\Delta l}{L} \cdot 100.$$

Більшість глазурованих і неглазурованих керамічних плиток мають незначне природне розширення під дією вологи, яке можна не враховувати, що при дотриманні технології укладання плиток не утворює проблем.

Проте при порушенні технології укладання, а також у певних кліматичних умовах розширення під дією вологи може викликати проблеми, перш за все там, де керамічні плитки укладаються на бетон, який не досяг необхідного терміну тверднення. В цих випадках верхню границю розширення під дією вологи керамічних плиток рекомендовано приймати 0,06 %, якщо було застосоване зазначене вище випробування.

Визначення стійкості до розтріскування глазури

Порядок виконання роботи

Перед проведенням випробування зразки треба висушити при температурі $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ протягом 1 години, охолодити і зважити. Після чого продовжити сушити зразки до постійної маси. Масу вважають постійною, якщо розбіжність між результатами двох послідовних зважувань не перевищуватиме 0,1% результату передостаннього зважування. Час сушіння між двома послідовними зважуваннями повинен бути не менше ніж 20 хвилин.

Якщо під час внутрішнього контролю якості на виробництві випробовують щойно випалені плитки, то для даного випробування їх повторно обпалюють за температури $(500 \pm 15)^\circ\text{C}$ із швидкістю нагрівання не більше $150^\circ\text{C}/\text{год}$ і витримують за цієї температури протягом 2 год.

Зразки помістити в автоклав на відстані один від одного і протягом 1 год поступово підвищувати тиск пари до (500 ± 20) кПа, створюючи

температуру $(159 \pm 1)^\circ\text{C}$. Витримати за даних параметрів протягом 2 год. Припинити подачу пари (або нагрівання в автоклавах з прямим нагріванням), швидко знизити тиск до атмосферного. Залишити зразки в автоклаві для охолодження. Зразки треба перенести в лабораторні умови, розкласти на рівній основі і охолоджувати протягом 30 хв.

На глазуровану поверхню зразків нанести відповідний фарбник, наприклад, водний 1 % розчин метиленового синього. Через 1 хв фарбник видалити вологою серветкою.

Зразки дослідити на наявність тріщин у глазури, не беручи до уваги наявність подряпин. Тріщини черепка плитки до уваги. не брати.

У всіх трьох випадках необхідно вивчити випробувані зразки, на наявність мікротріщин, не плутаючи тріщину з подряпинами, і не зважаючи на злами. Описати результати досліджень та зробити висновок.

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. Які методики використовуються для виявлення мікротріщин глазурованих плиток?
2. Як відбираються та досліджуються зразки перед випробуванням.
3. Як визначається термічна стійкість плитки?
4. Як визначається розширення плитки під дією вологи?
5. Як визначається стійкість до розтріскування?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

ВИПРОБУВАННЯ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ НА РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОМ СПЕКТРОМЕТРІ

Мета: Навчитися готувати проби зразків методом таблетування для подальшого проведення аналізу на рентгенофлуоресцентном спектрометрі.

Загальні відомості

Під фазою розуміють частину речовини, відокремлену від інших його частин межею поділу, при переході через яку властивості змінюються стрибком.

Кристалічною решіткою називають впорядкований розподіл часток твердого тіла у просторі.

Для ідентифікації різних фаз в їх суміші використовується рентгенофазовий аналіз. Через універсальність і простоту отримав широке розповсюдження метод порошку в основі якого покладено явище дифракції рентгенівських променів на кристалічній решітці. Для проведення аналізу використовують рентгенівські апарати.

Для проведення лабораторної роботи використовується рентгенівській апарат AXIOS maX фірми PANalytical.

Прилади і обладнання

1. Шафа сушильна СП-50С.
2. Термометр скляний ртутний з границею шкали 0–160 °С, ціна ділення 1°С.
3. Ваги лабораторні з похибкою вимірювання 0,01 г.
4. Ексикатори.
5. Фарфорові чашки.
6. Сита № 4.0; 0.1; 0.8.
7. Механічна ступка.
8. Планетарний млин.
9. Ручний прес РР 25.
10. Рентгенофлуоресцентний спектрометр AXIOS maX.

Метод підготовки проби

Порядок виконання роботи

Підготовка зразка повинна здійснюватися методом подрібнення в механічній ступці, помелу сировини в планетарному млині, з подальшим пресуванням на ручному пресі.

Для підготовки матеріалу до пресування треба відібрати пробу матеріалу. Висушити до постійної ваги 100 г сировини при температурі 105 °С протягом 30 хв. Матеріал подрібнити в механічній ступці. Висушену пробу треба попередньо просіяти через сито № 6.

Зважити на аналітичних вагах сировину відповідно до таблиці 9.1 з точністю до третього знаку після коми та завантажити у планетарний млин. На панелі управління за допомогою настановної кнопки установити час помелу. Час роботи планетарного млину залежить від матеріалу і встановлюється відповідно до таблиці 9.1.

Примітка. Розмір часток сировини перед помелом у планетарному млині не повинен перевищувати 6 мм.

Після закінчення помелу сировини в стакан млина треба додати зв'язуючу речовину в кількості що відповідає таблиці 9.1 та продовжити помел (час помелу згідно табл. 9.1). Після закінчення помелу сировина достається зі стакана млина разом з кулями.

Після кожного помелу стакан млина разом з кулями слід очищати від залишків матеріалу за наступною технологією:

- до стакану млина разом з кулями засипати пісок;
- стакан закрити, планетарний млин увімкнути на 2 хв.;
- по закінченню часу стакан млина та кулі ретельно очистити.

Примітка. Якщо немає необхідності молоти сировину (розмір не більше ніж 80 мкм), час помелу задається як для помелу зі зв'язуючим відповідно до табл. 9.1).

Таблиця 9.1 – Підготовка проб сировини

Найменування сировини	Вага сировини, г	Кількість куль, шт.	Кількість обертів	Час помелу, хв.	Вага зв'язуючої речовини, г	Час змішування, сек.
Глина	15	8	350	2	0,5	120
Полевошпатна шихта	15	8	350	3	1,5	30
Каолінова шихта	15	8	350	3	1,5	30
Пісок	15	8	350	2	2,5	30
Крейда	15	8	350	2	1,5	30
Фритта	15	8	350	2	1,5	60
Глазур	15	8	350	2	1,5	60

Спресувати помелену сировину у таблетку на ручному пресі РР 25 (рис. 9.1). Тиск пресування повинен складати 25 т. Під цим тиском зразок витримується протягом 10–15 сек після чого зпресована таблетка витягується з прес-форми.

Підготовлена проба (таблетка) повинна бути товщиною не менше ніж 5 мм і не більше ніж 10 мм. Якщо товщина буде менше 5 мм таблетка може розламатися. При товщині таблетки буде більше ніж 10 мм є ймовірність того, що в таблетці утворяться повітряні порожнечі, що може призвести до «вибуху» таблетки у вакуумі. Вага готової таблетки для рентгенофазового аналізу повинна складати 10–20 г.



Рисунок 9.1 – Пресування сировини таблетку на ручному пресі PP 25

Підготовлену пробу (таблетку) помістити до рентгенівського апарату (рис. 9.2). Отримані результати фазового складу сировини порівняти з протокольними значеннями (дод. Б).



Рисунок 9.2 – Рентгенофлуоресцентний спектрометр AXIOS mAX

Провести рентгенівський аналіз наступних компонентів, що використовуються для виробництва керамічної плитки:

- глина Веролюбівського родовища;
- шихта каолінова;
- ангоб;
- фритта;
- глазур.

Результати аналізу треба порівняти з еталонними значеннями, що наведені в додатку Б та зробити висновок.

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. Що розуміють під фазою?
1. Що називається кристалічною решіткою?
2. Як здійснюється ідентифікації фаз в їх суміші?
3. Як здійснюється підготовка проби для випробування?
4. Який метод покладено в основу?
5. Як обробляються результати випробування?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОЕФІЦІЄНТА ЛІНІЙНОГО РОЗШИРЕННЯ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

Мета: Засвоїти методику визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення.

Загальні відомості

Для керамічних мас і глазурі одним із найважливіших параметрів є коефіцієнт лінійного розширення.

Під термічним розширенням слід розуміти властивість матеріалу збільшувати свої розміри при нагріванні.

Температурним коефіцієнтом лінійного розширення називається відношення приросту довжини тіла при збільшенні температури на 1 °С до його вихідної довжини.

Температурний коефіцієнт лінійного розширення визначають у діапазоні температур до 100 °С.

Прилади і обладнання

1. Прилад для визначення температурного розширення (дилатометр) із швидкістю нагрівання (5 ± 1) °С/хв і рівномірним розподілом температури для нагрівання зразків.
2. Штангенциркуль типу ШЦ II.
3. Шафа сушильна СП-50С.
4. Ексикатор.

Порядок виконання роботи

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-283 з центральної частини плитки вирізати два зразки під прямим кутом один до одного так, щоб довжина зразків дозволяла розміщувати їх у випробувальному приладі. Зразок дозволяється спресувати або відлити. Кінці зразків повинні бути рівними і паралельними.

За необхідності зразки треба відшліфувати так, щоб товщина граней у поперечному перерізі складала менше ніж 6 мм, а площа поперечного перерізу грані була більше 10 мм². Довжина зразків повинна бути не менше ніж 50 мм. В глазурованих плитках не допускається видалення глазури з поверхні під час шліфування.

Зразки висушити за температури $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постійної маси, поки різниця між двома послідовними зважуваннями через 24 год не складатиме менше ніж 0,1 %. Зразки охолодити в ексікаторі до кімнатної температури і за допомогою штангенциркуля виміряти їх довжину.

Зразки помістити у прилад і зареєструвати кімнатну температуру. Виміряти довжину зразків з точністю до 0,01 мм до і під час нагрівання. Вимірювання температури і довжини проводити з інтервалом температури не більше 15°C. Швидкість нагрівання повинна складати $(5 \pm 1)^\circ\text{C}/\text{хв}$.

Проведення аналізу з використанням дилатометра

За допомогою пінцету зразок поміщується у дилатометр (рис. 10.1). Нагрівання печі відбувається зі швидкістю підймання температури $5 (\pm 1)^\circ\text{C}$ за хвилину $(400\text{--}600)^\circ\text{C}$. Температура зразка вимірюється термопарою, що знаходиться всередині печі дилатометра. Довжина зразка змінюється в залежності від температури. Змінення лінійних розмірів зразка фіксується комп'ютером.



Рисунок 10.1 – Дилатометр

Для отримання точних та достовірних результатів випробування необхідно виконати наступні вимоги:

- увімкнути комп'ютер та вимірювальну частину дилатометра за годину до початку вимірювання;
- переконатися в тому, що температура зразка складає не більше ніж 100°C;
- розташувати термопару по можливості до центру проби;
- термопара не повинна торкатися до проби (небезпека утворення сплаву або хімічної корозії);
- дроти термопари не повинні торкатися один одного.

Температурний коефіцієнт лінійного розширення α_1 визначити за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{1}{L_0} \times \frac{\Delta L}{\Delta t},$$

де L_0 – довжина зразка за кімнатної температури, мм;

ΔL – лінійне розширення зразка за період зміни температури від кімнатної до 100°C, мм;

Δt – збільшення температури, °C.

Температурний коефіцієнт лінійного розширення керамічного черепка повинен бути на 10 % більше ніж коефіцієнт теплового розширення глазурі.

Визначити температурний коефіцієнт лінійного розширення окремо для плитки та глазурі та зробити висновок.

Контрольні запитання для захисту лабораторної роботи

1. Що називається термічним розширенням?
2. Що називається температурним коефіцієнтом лінійного розширення?
3. В якому діапазоні температур визначається температурний коефіцієнт лінійного розширення?
4. Яка методика вимірювання температурного коефіцієнта лінійного розширення?
5. Які прилади можна використовувати для визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бирюков А. И. Строительные материалы и изделия : учеб. пособие : в 2 ч. / А. И. Бирюков. – Харьков. : УкрГАЗТ, 2006. – Ч. 2. – 168 с.
2. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) / Б. И. Далматов, В. Н. Бронин, В. Д. Карлов, Р. А. Мангушев; Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л. : Стройиздат, Л., 1988. (1981).
3. ДСТУ Б В.2.1–4–96 (ГОСТ 12248–96) Основи та підвалини будинків і споруд. Грунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності та деформованості. – Чинний від 1996-11-01. – Київ : Держкоммістобудування України, 96. – 107 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-282:2011. Плитки керамічні. Технічні умови (EN 14411:2006, NEQ). – Чинний від 2011-12-30. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 66 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-283:2011. Плитки керамічні. Методи випробувань. – Чинний від 2011-12-30. – Київ : Мінрегіон України, 2011. – 88 с.

ДОДАТОК А

Фазовий склад глини Веролобівського родовища, фритти та глазури (еталонні значення)

Глина Веролобівського родовища		Фритта		Глазур	
Найменування компонентів	Допуск	Найменування компонентів	Допуск	Найменування компонентів	Допуск
Al ₂ O ₃	не < 21,0	MgO	0,1-0,2	MgO	1,9-2,2
Fe ₂ O ₃	не > 2,0	Al ₂ O ₃	18,8-19,5	Al ₂ O ₃	11,2-12,2
TiO ₂	не > 1,5	SiO ₂	51,9-53,0	SiO ₂	51,3-52,3
SiO ₂	61,0-65,0	K ₂ O	3,7-4,0	K ₂ O	2,1-2,4
K ₂ O	не < 1,8	CaO	20,5-21,5	CaO	10,8-11,3
CaO	не > 0,2	Fe ₂ O ₃	0,3-0,4	TiO ₂	0,15-0,2
ППП	5,0-7,0	Na ₂ O	1,7-2,0	Fe ₂ O ₃	0,15-0,2
				ZnO	7,4-7,8
				ZrO ₂	11,8-12,6
				Домішки	Не > 0,1

ДОДАТОК Б

**Таблиця для визначення вологості і вмісту твердої речовини
глинистої суспензії з питомою вагою матеріалу 2.6**

Вага, г. 100 см ³ глинистої	Склад, %		Вага сухої речовини в суспензії, г.	Вага, г. 100 см ³ глинистої	Склад, %		Вага сухої речовини в суспензії, г.
	твердої речовини	вологи			твердої речовини	вологи	
1	2	3	4	5	6	7	8
143,00	48,86	51,14	69,88	151,20	55,03	44,97	83,20
143,10	48,94	51,06	70,04	151,30	55,10	44,90	83,36
143,20	49,02	50,98	70,20	151,40	55,17	44,83	83,53
143,30	49,10	50,90	70,36	151,50	55,24	44,76	83,69
143,40	49,18	50,82	70,53	151,60	55,31	44,69	83,85
143,50	49,26	50,74	70,69	151,70	55,38	44,62	84,01
143,60	49,34	50,66	70,85	151,80	55,45	44,55	84,18
143,70	49,42	50,58	71,01	151,90	55,52	44,48	84,34
143,80	49,50	50,50	71,18	152,00	55,59	44,41	84,50
143,90	49,57	50,43	71,34	152,10	55,66	44,34	84,66
144,00	49,65	50,35	71,50	152,20	55,73	44,27	84,82
144,10	49,73	50,27	71,66	152,30	55,80	44,20	84,99
144,20	49,81	50,19	71,82	152,40	55,87	44,13	85,15
144,30	49,89	50,11	71,99	152,50	55,94	44,06	85,31
144,40	49,97	50,03	72,15	152,60	56,01	43,99	85,47
144,50	50,04	49,96	72,31	152,70	56,08	43,92	85,64
144,60	50,12	49,88	72,47	152,80	56,15	43,85	85,80
144,70	50,20	49,80	72,64	152,90	56,22	43,78	85,96
144,80	50,28	49,72	72,80	153,00	56,29	43,71	86,12
144,90	50,35	49,65	72,96	153,10	56,36	43,64	86,29
145,00	50,43	49,57	73,12	153,20	56,43	43,57	86,45
145,10	50,51	49,49	73,29	153,30	56,50	43,50	86,61
145,20	50,59	49,41	73,45	153,40	56,57	43,43	86,77
145,30	50,66	49,34	73,61	153,50	56,64	43,36	86,94
145,40	50,74	49,26	73,77	153,60	56,71	43,29	87,10
145,50	50,82	49,18	73,94	153,70	56,77	43,23	87,26
145,60	50,89	49,11	74,10	153,80	56,84	43,16	87,42
145,70	50,97	49,03	74,26	153,90	56,91	43,09	87,59
145,80	51,05	48,95	74,42	154,00	56,98	43,02	87,75
145,90	51,12	48,88	74,59	154,10	57,05	42,95	87,91
146,00	51,20	48,80	74,75	154,20	57,12	42,88	88,07
146,10	51,27	48,73	74,91	154,30	57,19	42,81	88,24
146,20	51,35	48,65	75,07	154,40	57,25	42,75	88,40
146,30	51,43	48,57	75,24	154,50	57,32	42,68	88,56
146,40	51,50	48,50	75,40	154,60	57,39	42,61	88,72
146,50	51,58	48,42	75,56	154,70	57,46	42,54	88,89
146,60	51,65	48,35	75,72	154,80	57,53	42,47	89,05
146,70	51,73	48,27	75,89	154,90	57,59	42,41	89,21
146,80	51,81	48,19	76,05	155,00	57,66	42,34	89,37
146,90	51,88	48,12	76,21	155,10	57,73	42,27	89,54

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8
147,00	51,96	48,04	76,37	155,20	57,80	42,20	89,70
147,10	52,03	47,97	76,54	155,30	57,86	42,14	89,86
147,20	52,11	47,89	76,70	155,40	57,93	42,07	90,02
147,30	52,18	47,82	76,86	155,50	58,00	42,00	90,19
147,40	52,26	47,74	77,02	155,60	58,07	41,93	90,35
147,50	52,33	47,67	77,19	155,70	58,13	41,87	90,51
147,60	52,41	47,59	77,35	155,80	58,20	41,80	90,67
147,70	52,48	47,52	77,51	155,90	58,27	41,73	90,84
147,80	52,55	47,45	77,67	156,00	58,33	41,67	91,00
147,90	52,63	47,37	77,84	156,10	58,40	41,60	91,16
148,00	52,70	47,30	78,00	156,20	58,47	41,53	91,32
148,10	52,78	47,22	78,16	156,30	58,53	41,47	91,49
148,20	52,85	47,15	78,32	156,40	58,60	41,40	91,65
148,30	52,92	47,08	78,49	156,50	58,67	41,33	91,81
148,40	53,00	47,00	78,65	156,60	58,73	41,27	91,97
148,50	53,07	46,93	78,81	156,70	58,80	41,20	92,14
148,60	53,15	46,85	78,97	156,80	58,86	41,14	92,30
148,70	53,22	46,78	79,14	156,90	58,93	41,07	92,46
148,80	53,29	46,71	79,30	157,00	59,00	41,00	92,62
148,90	53,37	46,63	79,46	157,10	59,06	40,94	92,79
149,00	53,44	46,56	79,62	157,20	59,13	40,87	92,95
149,10	53,51	46,49	79,79	157,30	59,19	40,81	93,11
149,20	53,59	46,41	79,95	157,40	59,26	40,74	93,27
149,30	53,66	46,34	80,11	157,50	59,33	40,67	93,44
149,40	53,73	46,27	80,27	157,60	59,39	40,61	93,60
149,50	53,80	46,20	80,44	157,70	59,46	40,54	93,76
149,60	53,88	46,12	80,60	157,80	59,52	40,48	93,92
149,70	53,95	46,05	80,76	157,90	59,59	40,41	94,09
149,80	54,02	45,98	80,92	158,00	59,65	40,35	94,25
149,90	54,09	45,91	81,09	158,10	59,72	40,28	94,41
150,00	54,17	45,83	81,25	158,20	59,78	40,22	94,57
150,10	54,24	45,76	81,41	158,30	59,85	40,15	94,74
150,20	54,31	45,69	81,57	158,40	59,91	40,09	94,90
150,30	54,38	45,62	81,74	158,50	59,98	40,02	95,06
150,40	54,45	45,55	81,90	158,60	60,04	39,96	95,22
150,50	54,53	45,47	82,06	158,70	60,11	39,89	95,39
150,60	54,60	45,40	82,22	158,80	60,17	39,83	95,55
150,70	54,67	45,33	82,39	158,90	60,23	39,77	95,71
150,80	54,74	45,26	82,55	159,00	60,30	39,70	95,87
150,90	54,81	45,19	82,71	159,10	60,36	39,64	96,04
151,00	54,88	45,12	82,87	159,20	60,43	39,57	96,20
151,10	54,96	45,04	83,04	159,30	60,49	39,51	96,36
151,20	55,03	44,97	83,20	159,40	60,56	39,44	96,52

**Таблиця для визначення вологості і вмісту твердої речовини
шлікеру з питомою вагою матеріалу 2.6**

Вага, г. 100 см ³ глинистої	Склад, %		Вага сухої речовини в шлікері, г.	Вага, г. 100 см ³ глинистої	Склад, %		Вага сухої речовини в шлікері, г.
	твердої речовини	вологи			твердої речовини	вологи	
1	2	3	4	5	6	7	8
158,40	59,91	40,09	94,90	167,30	65,37	34,63	109,36
158,50	59,98	40,02	95,06	167,40	65,43	34,57	109,53
158,60	60,04	39,96	95,23	167,50	65,49	34,51	109,69
158,70	60,11	39,89	95,39	167,60	65,54	34,46	109,85
158,80	60,17	39,83	95,55	167,70	65,60	34,40	110,01
158,90	60,23	39,77	95,71	167,80	65,66	34,34	110,18
159,00	60,30	39,70	95,88	167,90	65,72	34,28	110,34
159,10	60,36	39,64	96,04	168,00	65,77	34,23	110,50
159,20	60,43	39,57	96,20	168,10	65,83	34,17	110,66
159,30	60,49	39,51	96,36	168,20	65,89	34,11	110,83
159,40	60,56	39,44	96,53	168,30	65,95	34,05	110,99
159,50	60,62	39,38	96,69	168,40	66,00	34,00	111,15
159,60	60,68	39,32	96,85	168,50	66,06	33,94	111,31
159,70	60,75	39,25	97,01	168,60	66,12	33,88	111,48
159,80	60,81	39,19	97,17	167,70	66,18	33,82	111,64
159,90	60,87	39,13	97,34	168,80	66,23	33,77	111,80
160,00	60,94	39,06	97,50	168,90	66,29	33,71	111,96
160,10	61,00	39,00	97,66	169,00	66,35	33,65	112,13
160,20	61,06	38,94	97,82	169,10	66,40	33,60	112,29
160,30	61,13	38,87	97,99	169,20	66,46	33,54	112,45
160,40	61,19	38,81	98,15	169,30	66,52	33,48	112,61
160,50	61,25	38,75	98,31	169,40	66,57	33,43	112,78
160,60	61,32	38,68	98,47	169,50	66,63	33,37	112,94
160,70	61,38	38,62	98,64	169,60	66,69	33,31	113,10
160,80	61,44	38,56	98,80	169,70	66,74	33,26	113,26
160,90	61,51	38,49	98,96	169,80	66,80	33,20	113,43
161,00	61,57	38,43	99,12	169,90	66,86	33,14	113,59
161,10	61,63	38,37	99,29	170,00	66,91	33,09	113,75
161,20	61,69	38,31	99,45	170,10	66,97	33,03	113,91
161,30	61,76	38,24	99,61	170,20	67,02	32,98	114,08
161,40	61,82	38,18	99,77	170,30	67,08	32,92	114,24
161,50	61,88	38,12	99,94	170,40	67,14	32,86	114,40
161,60	61,94	38,06	100,10	170,50	67,19	32,81	114,56
161,70	62,01	37,99	100,26	170,60	67,25	32,75	114,73
161,80	62,07	37,93	100,43	170,70	67,30	32,70	114,89
161,90	62,13	37,87	100,59	170,80	67,36	32,64	115,05
162,00	62,19	37,81	100,75	170,90	67,42	32,58	115,21
162,10	62,25	37,75	100,91	171,00	67,47	32,53	115,38
162,20	62,32	37,68	101,08	171,10	67,53	32,47	115,54
162,30	62,38	37,62	101,24	171,20	67,58	32,42	115,70
162,40	62,44	37,56	101,40	171,30	67,64	32,36	115,86
162,50	62,50	37,50	101,56	171,40	67,69	32,31	116,03

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8
162,60	62,56	37,44	101,73	171,50	67,75	32,25	116,19
162,70	62,62	37,38	101,89	171,60	67,80	32,20	116,35
162,80	62,68	37,32	102,05	171,70	67,86	32,14	116,51
162,90	62,75	37,25	102,21	171,80	67,91	32,09	116,68
163,00	62,81	37,19	102,38	171,90	67,97	32,03	116,84
163,10	62,87	37,13	102,54	172,00	68,02	31,98	117,00
163,20	62,93	37,07	102,70	172,10	68,08	31,92	117,16
163,30	62,99	37,01	102,86	172,20	68,13	31,87	117,33
163,40	63,05	36,95	103,03	172,30	68,19	31,81	117,49
163,50	63,11	36,89	103,19	172,40	68,24	31,76	117,65
163,60	63,17	36,83	103,35	172,50	68,30	31,70	117,81
163,70	63,23	36,77	103,51	172,60	68,35	31,65	117,98
163,80	63,29	36,71	103,68	172,70	68,41	31,59	118,14
163,90	63,35	36,65	103,84	172,80	68,46	31,54	118,30
164,00	63,41	36,59	104,00	172,90	68,52	31,48	118,46
164,10	63,48	36,52	104,16	173,00	68,57	31,43	118,63
164,20	63,54	36,46	104,33	173,10	68,62	31,38	118,79
164,30	63,60	36,40	104,49	173,20	68,68	31,32	118,95
164,40	63,66	36,34	104,65	173,30	68,73	31,27	119,11
164,50	63,72	36,28	104,81	173,40	68,79	31,21	119,28
164,60	63,78	36,22	104,98	173,50	68,84	31,16	119,44
164,70	63,84	36,16	105,14	173,60	68,89	31,11	119,60
164,80	63,90	36,10	105,30	173,70	68,95	31,05	119,76
164,90	63,96	36,04	105,46	173,80	69,00	31,00	119,93
165,00	64,02	35,98	105,63	173,90	69,06	30,94	120,09
165,10	64,07	35,93	105,79	174,00	69,11	30,89	120,25
165,20	64,13	35,87	105,95	174,10	69,16	30,84	120,41
165,30	64,19	35,81	106,11	174,20	69,22	30,78	120,58
165,40	64,25	35,75	106,28	174,30	69,27	30,73	120,74
165,50	64,31	35,69	106,44	174,40	69,32	30,68	120,90
165,60	64,37	35,63	106,60	174,50	69,38	30,62	121,06
165,70	64,43	35,57	106,76	174,60	69,43	30,57	121,23
165,80	64,49	35,51	106,93	174,70	69,48	30,52	121,39
165,90	64,55	35,45	107,09	174,80	69,54	30,46	121,55
166,00	64,61	35,39	107,25	174,90	69,59	30,41	121,71
166,10	64,67	35,33	107,41	175,00	69,64	30,36	121,88
166,20	64,73	35,27	107,58	175,10	69,70	30,30	122,04
166,30	64,79	35,21	107,74	175,20	69,75	30,25	122,20
166,40	64,84	35,16	107,90	175,30	69,80	30,20	122,36
166,50	64,90	35,10	108,06	175,40	69,85	30,15	122,53
166,60	64,96	35,04	108,23	175,50	69,91	30,09	122,69
166,70	65,02	34,98	108,39	175,60	69,96	30,04	122,85
166,80	65,08	34,92	108,55	175,70	70,01	29,99	123,01
166,90	65,14	34,86	108,71	175,80	70,07	29,93	123,18
167,00	65,19	34,81	108,88	175,90	70,12	29,88	123,34
167,10	65,25	34,75	109,04	176,00	70,17	29,83	123,50
167,20	65,31	34,69	109,20	176,10	70,22	29,78	123,66
167,30	65,37	34,63	109,36	176,20	70,28	29,72	123,83

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
із навчальної дисципліни

«СТАНДАРТИЗАЦІЯ В БУДІВЕЛЬНОМУ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВІ»

*(для студентів денної форми навчання спеціальності
192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладач **АФАНАСЬЄВ** Олександр Валерійович

Відповідальний за випуск *О. В. Кондращенко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2019, поз. 403 М.

Підп. до друку 04.04.2019. Формат 60×84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,0.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.